

PENGAMBILAN FRAKSI RINGAN PRODUK HASIL PIROLISIS LIMBAH PLASTIK JENIS POLIPROPILENE (PP) DENGAN METODE DESTILASI FRAKSIONASI BUBBLE CAP

Ramli Thahir^{*}, Alwathan

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Cipto mangunkusumo, Samarinda, Kalimantan Timur 75131; Telp./Fax. (0541)260355

E-mail: ramli.thahir@yahoo.com

Abstrak- Pemanfaatan plastik tiap tahun meningkat karena berbagai keuntungan seperti harga produksi yang murah, ringan, bersifat isolator sehingga digunakan di berbagai bidang industri dan rumah tangga. Plastik Jenis Polypropilene paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena memiliki sifat mekanis yang baik dengan massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembaban, serta memiliki kestabilan dimensi yang baik. Disamping manfaatnya dampak yang ditimbulkan dapat merusak lingkungan karena sulit terurai dalam tanah dan dapat menyebabkan banjir apabila di atas permukaan tanah. Seiring dengan dampak yang ditimbulkan kebutuhan akan bahan bakar semakin meningkat sedangkan sumber bahan bakar yang kita gunakan tidak dapat diperbaharui (non reversible), sehingga penelitian ini bertujuan memanfaatkan sampah plastik menjadi bahan bakar dengan menspesifikasikan dan menganalisa kualitas produk bahan bakar dari plastik jenis polypropilene. Metode penelitian 200 gram jenis plastik polypropilene dibersihkan dan dimasukkan dalam reaktor kapasitas 7,5 liter dan dilakukan proses pirolisis, hasil pirolisis 184,20 gram didestilasi Fraksionasi Bubble Cap dengan variasi temperature uap: 48-70; 70-90; 90-110; 110-130; 130-150; 150-170; 170-190; 190-210; 210-230; 230-245°C dengan yeald total 73,80% terdiri dari mempunyai kadar fraksi bensin 85,26 % dan kadar kerosin 14,74 %. dan hasil analisa, Densitas 15°C (Kg/m³) : 732,8; Viskositas 15°C (cSt) : 0,575; Angka Oktan (RON & MON) : 97,1 87,8; RVP : 46; Existent Gum: 5; Copper Corrosion class I hasil analisa GC-MS dominan untuk hasil pirolisis 5-metil-1-heptena: 47,420% dan hasil destilasi 5-metil-1-heptena: 48,58 %. Hasil analisa disimpulkan bahwa bahan bakar yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik polypropilene adalah jenis mengarah ke bensin 88 menurut SK Dirjen Migas K/72/DJM/1999. Bensin tidak dapat digunakan secara langsung karena belum memenuhi standar Existent Gum dan titik didih yang berpengaruh terhadap start awal mesin atau dapat menyebabkan terjadinya perubahan sifat pada bahan bakar.

Kata kunci: destilasi Bubble Cap, plastik, polypropilena, pirolisis, spesifikasi

Abstract- Increased utilization of plastics each year due to various advantages such as low production cost, light weight, are insulators that are used in various fields of industry and households. Plastic Polypropilene type most widely used in daily life because it has good mechanical properties with low density, heat resistance and moisture, and has good dimensional stability. Besides the benefit impacts can damage environments as difficult to decompose in the soil and can cause flooding when above ground level. Along with the impact of fuel demand is increasing while the fuel sources we use non-renewable (Non Reversible), so this study aims to utilize plastic waste into fuel by specifying and analyzing the quality of fuel products from plastic types of polypropilene. Research methods 200 grams of plastic types polypropilene cleaned and put in a reactor capacity of 7.5 liters and made the process of pyrolysis, pyrolysis results of 184.20 grams of distilled fractionation Bubble Cap with steam temperature variations: 48-70; 70-90; 90-110; 110-130; 130-150; 150-170; 170-190; 190-210; 210-230; Yeald 230-245oC with a total of 73.80% consisting of gasoline fraction has a content of 85.26% and 14.74% kerosene content, and the results of the analysis, 150C Density (kg / m³): 732.8; 15oC Viscosity (cSt): 0.575; Octane numbers (RON and MON): 97.1 87.8; RVP: 46; Existent Gum: 5; Copper Corrosion class I results of GC-MS analysis results of pyrolysis dominant for 5-methyl-1-heptane: 47.420% and distilled 5-methyl-1-heptane: 48.58%. Results of the analysis concluded that fuel produced from polypropilene plastic pyrolysis process leading to the type of gasoline is 88 according to the decree of Directorate General of Oil and Gas K / 72 / DJM / 1999. Gasoline can not be used directly because it has not met the standards Existent Gum and boiling points that influence the early start the engine or may cause changes in the properties of the fuel.

Keywords: distillation bubble cap, plastic, polypropilena, pyrolysis, specifications

PENDAHULUAN

Bahan plastik dalam pemanfaatannya dikehidupan manusia memang tak dapat dielakkan. Sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan 10plastik dalam menjalankan aktivitasnya, Indonesia, dalam Himawanto, dkk, 2011, menurut data Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI tahun 2008 jumlah sampah plastik di Indonesia pada tahun 2008 sekitar 14% dari estimasi jumlah sampah keseluruhan 38,5 juta ton/tahun. Sedangkan di kota Samarinda sendiri, pada tahun 2010, produksi sampah yang dihasilkan rata-rata 1200 meter kubik perhari. (<http://nasional.vivanews.com>).

Sampah 10plastik yang terus meningkat jumlahnya menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat 10plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Hal ini dikarenakan 10plastik yang beredar merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi, sehingga perlu waktu berpuluh-puluh tahun dalam tanah untuk menguraikan limbah-limbah dari bahan plastik tersebut.

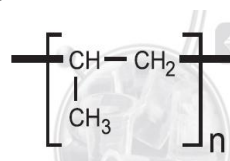
Banyak metode yang telah dilakukan untuk menanggulangi limbah/sampah plastik. Mulai dari pembakaran/insinerasi di udara terbuka, dimana metode ini sangat berbahaya karena menimbulkan pencemaran udara. Selanjutnya metode *reuse* dan *recycle* yang saat ini masih menjadi plastik menunjukkan penanggulangan limbah plastik masih kurang efektif dalam menyelesaikan masalah limbah plastik ini. Lalu muncul metode yang penanggulangan sampah plastik dengan memanfaatkannya sebagai bahan bakar cair melalui proses pirolisis. Pirolisis merupakan proses pembakaran yang melibatkan sedikit oksigen. Dengan memanfaatkan panas dari pembakaran, plastik yang terbuat dari polimer rantai panjang akan terurai atau terbentuk menjadi senyawa rantai pendek dimana produk cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar. Hal ini, selain mampu menanggulangi plastik pencemaran lingkungan akibat sampah plastik, juga dapat menjadi salah satu bahan bakar plastic alternatif karena masalah persediaan sumber daya minyak bumi yang semakin menipis dan harga yang semakin mahal.

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain yang merupakan material yang memiliki kelebihan diantaranya bersifat ringan, isolator, dan proses pembuatannya lebih murah. Industri plastik semakin lama semakin mengalami perkembangan dan inovasi. Inilah yang menjadikan permintaan akan barang-barang berbahan plastik terus meningkat, total keseluruhan produksi plastik mengalami pertumbuhan dari sekitar 1.3 MT

(million tones) pada 1950 hingga 245 MT pada 2006 (Sarker, 2012).

Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu : plastik thermoplast dan plastik thermoset. Plastik thermoplast adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Yang termasuk plastik thermoplast antara lain : Poethylene (PE), Polypropylene (PP), Acrolonitrit Butadiene Styrene (ABS), Polystyrene (PS), nylon, Polyethylene tereftalat (PET), Polyacetal (POM), Poly Carbonate (PC) dan lain-lain. Sedangkan palstik thermoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi, jenis plastik thermoset adalah : Poly Urethene (PU), Urea Formaldehyde (UF), Melamine Formaldehyde (MF), polyester, epoksi dan lain-lain (Mujiarto,2008). Polypropylene adalah polimer dengan penggunaan terbesar ketiga di dunia setelah PE dan PVC.

Plastik yang telah dimanfaatkan akan dibuang kelingkungan yang berakhir di tempat pembuang akhir (TPA) yang akan memerlukan waktu puluhan tahun untuk dapat menguraikan dan apabila dibakar pada suhu rendah limbah 10plastik menghasilkan senyawa yang berbahaya yang bersifat carsinogen seperti poly chloro dibenzofurans (Ermawati, 2011), oleh karena itu berbagai upaya dilakukan untuk meminimalisasi jumlah sampah plastik yang kian hari kian meningkat. Salah satu upaya baru yang telah dilakukan adalah mengubah limbah plastik tersebut menjadi sumber energi, Das Shartak 2007. Jenis plastik paling banyak digunakan yaitu polipropilen yang besifat mekanis yang baik dengan massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembaban, serta memiliki kestabilan dimensi yang baik dan tidak dapat ditemukan pada jenis plastik lain (PT. Tri Polyta Indonesia Tbk, 2009). Sehingga pemanfaatannya berbagai aplikasi mulai dari kemasan makanan, perlengkapan rumah tangga, part otomotif hingga peralatan elektronik. Berdasarkan ilmu kimia, polipropilen adalah suatu makrommolekul thermopplastik (dapat dilelehkan) rantai jenuh yang terdiri dari propilena sebagai gugus berulang.



Gambar 1. Rumus struktur polimer

Polypropylene (PP) termasuk jenis 10plastik *olefin* dan merupakan polimer dari propilen. Dikembangkan sejak tahun 1950 dengan berbagai

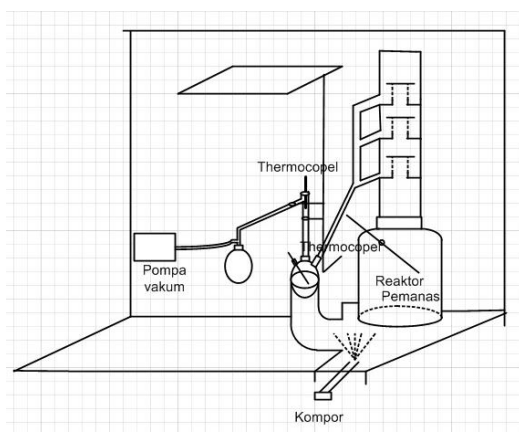
nama dagang, seperti : *Bexfane, Dynafilm, Laufaren, Escon, Olefane, Profax. Polypropylene* lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, sedangkan bahan baku dari 11 plastik jenis *Polypropylene* (PP) seperti 11 plastik aqua gelas. Proses Pirolisis dilakukan dalam plastik *bacth* dengan variabel tetap, yaitu berat sampel 200 gram, volume plastik 7,3 liter kemudian mencari yeald optimum terhadap waktu dengan memvariasikan temperature uap 48-70; 70-90; 90-110; 110-130; 130-150; 150-170; 170-190; 190-210; 210-230; 230-245°C.

Hasil pirolisis dimurnikan dengan metode destilasi fraksionasi bubble cup kemudian dispesifikasi jenis produk yang dihasilkan dan dianalisa kualitas produk yang dihasilkan seperti Octan Number, boiling point, density (15 °C), destilasi ASTM, Tekanan Uap (RVP), Sulphur Merchaptan, Existent Gum dan Copper Corrosion, kadar abu dan GC MS.

Rancangan Percobaan :

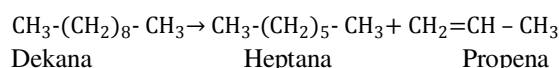


Gambar 2. Rangkaian Alat Pirolisis Sampah Plastik

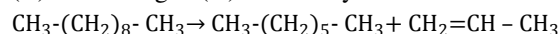
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa GCMS menunjukkan bahwa komponen minyak hasil pirolisis berupa campuran beberapa fraksi bahan bakar dengan kandungan terbanyak yaitu fraksi bensin (C₅-C₉) dengan kadar 54,64 %Area. Sedangkan untuk minyak pirolisis dan telah didestilasi fraksionasi mempunyai kadar fraksi bensin 85,26 % dan kadar kerosin 14,74 %. Terikutnya fraksi kerosin disebabkan oleh adanya produk dengan temperatur uap 230-245°C yang merupakan temperatur dari uap kerosin ikut terkondensasi bersama fraksi ringan yang diinginkan.

Komponen penyusun terbanyak merupakan jenis hidrokarbon olefin (tak jenuh), ini disebabkan karena bahan baku dari plastik polipropilena adalah propena (olefin) yang merupakan hasil *intermediet* (bisa diolah menjadi bahan bakar atau petrokimia) dari proses pemisahan fraksi minyak bumi. Olefin tidak terdapat pada minyak bumi, tetapi terdapat pada bahan bakar hasil rengkahan dan destilasi. Sehingga pada analisa bensin rengkahan, komponen penyusun terbanyak adalah hidrokarbon olefin. Berikut adalah contoh reaksi pemutusan ikatan hidrokarbon pada proses perengkahan:



Komponen penyusun terbanyak adalah 5-metil-1-heptena dengan komposisi 47,420 %. Komponen ini semakin banyak komposisinya setelah proses destilasi fraksionasi yaitu 48,58 % (dapat dilihat pada Tabel 1). Peningkatan ini disebabkan karena senyawa 5-metil-1-heptena mengalami pembentukan (pada saat proses pirolisis dan destilasi) hasil dari penguraian senyawa hidrokarbon yang memiliki jumlah atom karbon (C) dan hidrogen (H) lebih banyak.



Tabel 1. Hasil Analisa GC- MS Sebelum Destilasi

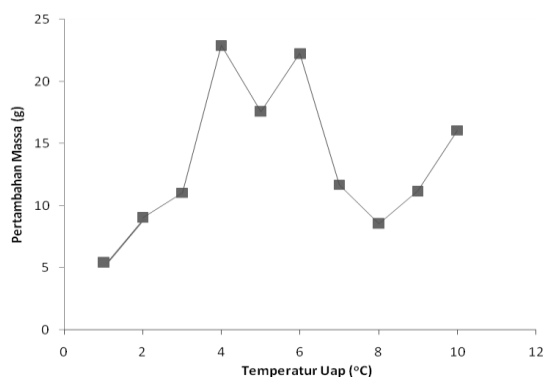
| Komponen Pirolisis Minyak | Komposisi (%) |
|-------------------------------------|---------------|
| 2-metil-3-metiletoksi-propena | 0,820 |
| 2-metil-1-pentena | 2,510 |
| 2-metil-1,3-pentadiena | 1,210 |
| 4-metil-heptana | 0,900 |
| 5-metil-1-heptena | 47,420 |
| 3,3,6-trimetil-1,4-heptadiena | 2,660 |
| 7-metil-1-undecene | 16,920 |
| trans-3,8-undekadiena | 2,740 |
| 2-metil-2-undecanatiol | 6,780 |
| 1,3,5-sikloheksana | 1,400 |
| 2,2-dimetil-3-dekana | 1,820 |
| Isopinocampone | 1,740 |
| 1-tridecanol | 8,910 |
| 3-etil-5-metil-1-propil sikloheksan | 1,660 |
| 2,3-disikloheksil-butana | 1,400 |
| 1-metil-3-propil-siklooktana | 1,110 |
| Total | 100 |

Tabel 2. Hasil Analisa GC- MS Setelah Destilasi

| No | Komponen Setelah Destilasi | Komposisi (% Area) |
|--------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | 2-metil-3-metiletoksi-propena | 1 |
| 2 | 2-metil-1-pentena | 7,74 |
| 3 | 2-metil-1,3-pentadiena | 2,36 |
| 4 | 4-metil-heptana | 2,57 |
| 5 | 5-metil-1-heptena | 48,58 |
| 6 | 3,3,6-trimetil-1,4-heptadiena | 0,60 |
| 7 | 7-metil-1-undecena | 3,92 |
| 8 | 2-metil-1-heksana | 1,14 |
| 9 | 2,4-dimetil-1,3-pentadiena | 1,47 |
| 10 | 2-propil-1-pentena | 1,37 |
| 11 | 2-metil-1-pentanol | 0,64 |
| 12 | 2,5-dimetil-1,4-heksadiena | 0,94 |
| 13 | 2,5-dimetil-1-heksena | 0,81 |
| 14 | 1,3-dimetil-1-heksena | 1,12 |
| 15 | 3,3,5-trimetil-1-heksena | 0,71 |
| 16 | 1,1,3,4-tetrametil-cis-siklopentana | 0,99 |
| 17 | 2-propenil-sikloheksana | 0,99 |
| 18 | 2,3-dimetil-2-butena | 0,59 |
| 19 | 2-metil-1-propenil-siklopentana | 0,88 |
| 20 | 1,3,5-trimetil-1-heksana | 3,42 |
| 21 | 3,3,5-trimetil-sikloheksana | 3,84 |
| 22 | 2,2-dimetil-3-oktena | 4,92 |
| 23 | 2,5-dimetil-1,6-oktadiena | 2,25 |
| 24 | 4-metil-dekana | 0,61 |
| 25 | 3,3-dimetil-oktana | 0,6 |
| 26 | 2,4-dimetil-1-pentena | 1,75 |
| 27 | 2-metil-2-undekanatiol | 1,84 |
| 28 | 3,3-dimetil-1-pentadiena | 2,35 |
| Total | | 100 |

Komponen yang mengalami penguraian yaitu 7-metil-1-undecena dari komposisi 16,92 %Area dan setelah didestilasi menjadi 3,92 % Area. Hal ini disebabkan karena senyawa tersebut merupakan salah satu senyawa hidrokarbon rantai panjang yang memiliki jumlah atom C sebanyak 12, sehingga pada saat proses berlangsung senyawa ini cenderung terurai menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek akibat proses pemanasan yang dilakukan dengan menggunakan temperatur yang tinggi. Beberapa senyawa hidrokarbon bahkan

terurai secara keseluruhan dan tidak terdapat pada komponen minyak hasil destilasi seperti trans-3,8-undekadiena, 2,2-dimetil-3-dekana, dan 1-metil-3-propil-siklooktana. Begitupun sebaliknya, cukup banyak komponen baru yang terbentuk hasil destilasi fraksionasi yaitu 2-metil-1-heksana, 2,4-dimetil-1,3-pentadiena, 2,5-dimetil-1-heksena dan lain-lain.



Gambar 1. Grafik Pertambahan Massa vs Temperatur uap

Gambar 1 dapat dilihat bahwa pertambahan massa terbanyak adalah pada saat temperatur uap 110-130°C yaitu 22,9005 g. Jika dibandingkan dengan komponen minyak hasil pirolisis dan destilasi, *range* temperatur tersebut sesuai dengan titik didih dari komponen terbanyak yaitu 5-metil-1-heptena (isomer dari oktena) dengan titik didih 122°C. *Yield* (%) destilat yang dihasilkan adalah 73,80% sedangkan jumlah kehilangan (*loss*) adalah 0,27%. Kehilangan (*loss*) tersebut terjadi karena adanya uap komponen yang tidak mencair saat proses destilasi berlangsung sehingga terakumulasi pada alat.

Selanjutnya adalah analisa kualitas bahan bakar cair dengan mengacu pada parameter kualitas bensin (lihat Tabel 4.5). Secara umum, hampir semua parameter menunjukkan bahwa bahan bakar cair hasil pirolisis plastik PP dan dilanjutkan dengan destilasi fraksionasi, khususnya kandungan *gum* (getah purwa) telah sesuai spesifikasi bahan bakar bensin menurut SK Dirjen Migas K/24/DJM/2006. *Gum* merupakan sisa-sisa penguapan bahan bakar yang dapat menyumbat pada sistem pembakaran mesin. Sehingga memang harus memiliki tingkat kandungan sekecil mungkin.

Tabel. 3. Hasil Analisa Laboratorium Fraksi Produk Pyrolysis Sampah Plastik Jenis PP

| Karakteristik | Satuan | Minyak Tanah | Metode Analisa | 88 | Bensin 91 | 95 | Hasil Analisa |
|--------------------------|-------------------|--------------|------------------|-------------------|------------|------------|---------------|
| Density (15 °C) | Kg/m ³ | 835 maks | ASTM D.1298-99 | 715-780 | 715-770 | 715-770 | 732,8 |
| Bil. Oktane Tanpa Timbal | RON | - | ASTM 2700 | 88 Min | 91 Min | 95 Min | 97,1 |
| Titik didih | °C | 170 | | - | - | - | 87,8 |
| Destilasi : | | | ASTM D-86 | 67 | 67 | 67 | 87 |
| 10% Vol. Penguapan | °C | - | | 74 maks | 70 maks | 70 maks | 70,9 |
| 50% Vol. Penguapan | °C | - | | 88-125 | 77-110 | 77-110 | 114,4 |
| 90% Vol. Penguapan | °C | - | | 180 maks | 130-180 | 130-180 | 166,0 |
| Titik didih Akhir | °C | - | | 125 Maks | 215 Maks | 205 Maks | 203,8 |
| Residu | ml | - | | 1,5 maks | 1,5 maks | 1,5 maks | 2 |
| Tekanan Uap (RVP) | kPa | - | ASTM-D 323 | 62 Maks | 45-60 | 45-60 | 46 |
| Sulphur Merchaptan | % Massa | - | ASTM D 3227 | 0,002 maks | 0,002 maks | 0,002 maks | 0,0015 |
| Existent Gum | mg/100 ml | - | ASTM D.381-94 | 5 Maks | 5 Maks | 5 Maks | 5 |
| Copper Corrosion | Menit | - | ASTM D. 130 - 94 | Class I | Class I | Class I | Class I |
| Komp. Dominan | | | GC-MS | 5-metil-1-heptena | | | |

Berdasarkan Tabel 3. Bahan bakar yang dihasilkan dari plastik polipropilen yang telah di destilasi dapat dispesifikasikan mendekati bensin 88 dari standar menurut SK Dirjen Migas K/72/DJM/1999.

KESIMPULAN

Penelitian ini memanfaatkan plastik polipropilen (PP) 200 gram, volume reaktor 7,3 Liter dengan destilasi bubble cap 184,2 gram disimpulkan :

1. Bahan bakar cair hasil destilasi fraksionasi memiliki kadar fraksi bensin 85,64 %Area dan 14,36 %Area sisanya merupakan fraksi kerosin.
2. *Yield (%)* yang dihasilkan adalah 73,80%.
3. *Yield (%)* yang hilang (*loss*) pada saat proses destilasi fraksionasi adalah 0,27%.
4. Komponen terbanyak bahan bakar cair hasil pirolisis dan hasil destilasi fraksionasi adalah jenis olefin. Terdapat beberapa kesamaan dan perbedaan komponen dikarenakan penggunaan temperatur yang cukup tinggi sehingga menyebabkan terjadinya penguraian dan pembentukan komponenHasil analisisbahan bakar cair hasil destilasi fraksionasi minyak pirolisis secara umum sesuai dengan spesifikasi bahan bakar bensin menurut SK Dirjen Migas K/24/DJM/khususnya kandungan dari *gum*.

DAFTAR PUSTAKA

Alamendah, 2009, "Dampak Plastik Terhadap Lingkungan", <http://alamendah.org/2009/07/23/dampak->

[plastik-terhadap-lingkungan/](#), diakses tanggal 3 Agustus 2014, pukul 01.30 WITA.

Almaika, S., Scott, G. 1983. In Degradation and Stabilization of Polyolefin. Chapter. 7. N.S. Allen (Ed). App Sci Pulp.Ltd. London.

Ashadi, S, 2012,"Komposisi Minyak Bumi", <http://ashadisasonko.staff.ipb.ac.id/tag/olefin/>, diakses tanggal 3 Agustus 2014, pukul 00.30 WITA.

Anonim, <http://repository.unri.ac.id/bitstream/123456789/1334/8/bab31.PDF>, diakses tanggal 13 Maret 2014, pukul 03.00 WITA.

Bagas, 2009, <http://bagazz.wordpress.com/tag/wax-problem/>, diakses tanggal 17 Maret 2014, pukul 02.45 WITA.

Basu, Prabir 2010, "Biomass Gasification and Pyrolysis", Technical University of Nova Scotia, Halifax.

Budhiarto, Adhi, 2008. Buku Pintar Migas Indonesia.

Danarto, Y., C., dkk, 2010, Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", Januari 2010, ISSN : 1693 - 4393

Das S., Pandey S., 2007, *Pirolisis and Catalytic cracking of Municipal Plastik Waste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*, National Institute of Technology Roukela.

DKP, 2014,"Data Statistik Persampahan Kota Samarinda", Dinas Kebersihan Dan Pertamanan Kota Samarinda.

Gatcher, M. 1990. *Plastics Additives Handbook*. Third Edition. Munich: Hanser Publisher.

- Hardjono,A, 2001, “Teknologi Minyak Bumi”, Gadjah Mada University Press:Yogyakarta.
- Haris,V, 2013, “Makalah Destilasi” <http://blog-haris26.blogspot.com/2013/11/destilasi.html>, diakses tanggal 13 Maret 2014, pukul 04.50 WITA.
- Himawanto,D.A., Indarto, Saptoadi H., Rohmat T.A., 2011, Karakteristik dan Pendekatan Kinetika Global pada Pirolisis Lambat Sampah Kota Terseleksi, Reaktor, Vol. 13, No.3, Hal 140-147.
- Irma Hardi Pratiwi, dkk, 2011, “Sistem Pengolahan Sampah Plastik Terintegrasi dengan Pendekatan Ergonomi Total Guna Meningkatkan Peran Serta Masyarakat (Studi Kasus : Surabaya), Jurnal, Institut Teknologi Surabaya
- Iwan, 2014, “Makalah Bensin”, <http://iwanbanaran.com/2014/02/12/betulkah-bensin-bisa-basi-jika-terlalu-lama-dalam-tanki/>, diakses tanggal 17 Maret 2014, pukul 02.30 WITA.
- Kadir, 2012, Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik sebagai Sumber Bahan Bakar Cair, Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol.3, No.2.
- Nugraha, M F, dkk, JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271).
- Mujiarto I, 2005, Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif, Traksi. Vol. 3, No.2.
- Satir, D O, 2012, “Bubble Kolom”, <http://depisatir.blogspot.com/2012/10/bubble-coloum.html>, diakses tanggal 14 juli 2014 pukul 04.25 WITA.
- Pavia, Donald L., Gary M. Lampman, George S. Kritz, Randall G. Engel (2006). *Introduction to Organic Laboratory Techniques (4th Ed.)*. Thomson Brooks/Cole. pp. 797–817.
- Pratika, Y D, 2013, “Makalah Destilasi Vakum”, <http://yenideva14.wordpress.com/2013/12/05/makalah-destilasi-vakum/>, diakses tanggal 13 Juli 2014 pukul 03.47 WITA.
- Rahmad, R, 2012, Pembuatan BBM dari limbah Plastik dengan metode pirolisis <http://rahmad1989.blogspot.com/p/blog-page-1793.html>, diakses tanggal 13 Maret 2014 pukul 02.47 WITA.
- Raja A., Murali A., 2011, Conversion of Plastik Wastes into Fuels, Journal of Materials Science and Engineering B1 86-89.
- Raka, 2012, “Marine Fuel Oil”, <http://raka-bsd.blogspot.com/2012/04/marine-fuel-oil.html>
- Rodiansono, dkk, 2007, Trisunaryanti,W., dan Triyono, 2007, Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastic menjadi Fraksi Bensin, Berkala MIPA,17,2.
- Rosha, S, 2013, Limbah Sampah Plastik <http://soniarosha.blogspot.com/2013/01/limbah-sampah-plastik.html> diakses tanggal 14 Juli 2014 pukul 04.10 WITA.
- Sari, E, 2013, “Destilasi Fraksionasi”, http://emalovetasari.blogspot.com/2013/05/01_archive.html, diakses tanggal 17 Maret 2014 pukul 04.23 WITA.
- Scheirs, J. and Kaminsky, W., 2006, Feedstock *Recycling* and Pyrolysis of Waste Plastics : *Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*, John Willey and Son, Ltd., New York.
- Sukarmin, 2009 <http://migasnet04-manto8040.blogspot.com/2010/01/pengolahan-minyak-bumi-dengan-distilasi.html>, diakses tanggal 13 Maret 2014, pukul 15.30 WITA.
- Syafitrie, 2010, “Pengolahan Limbah Plastik Dengan Metode Daur Ulang (Recycle)”, http://www.kendali.com/index.php?option=com_content&view=article&id=192:daurulang-plastik&catid=38:daur-ulang&Itemid=228, diakses tanggal 20 Agustus 2014, pukul 15.30 WITA.
- Trianna N.,W. dan Rochimoellah,M, 2002, “Model Kinetika Reaksi Heterogen pada Pirolisis”,Prosiding Rekayasa Kimia dan Proses, ISSN 1411-4216, B-16, UNDIP.
- Uemichi, Y., Ayame, A., Kashiwaya. Y. And Kanoh, H., 1983, Gas Chromatographic Determination of the Products of Degradation of Polyethylene over a Silica- Alumina Catalyst, *J. Chromatogr.*, 259, 69- 77
- Vesilind, Worrell, dan Reinhart, 2003,*Solid Waste Engineering*, Brooks/Cole Thomson Learning, Inc.
- Winanti dan Damas, 2011, <http://digilib.its.ac.id/qsearch.php?txtKey=reaksi%20pirolisis>, diakses tanggal 25 Maret 2014, pukul 15.00 WITA.
- Zadgaonkar, 2004. “A Wand that Converts Plastic Waste to Fuel” <http://www.rexresearch.com/zadgnkar/zadgnkar.htm>, diakses tanggal 20 Juni 2014, pukul 16.00 WITA.